

TÍTULO: PISOTEO EXPERIMENTAL EN AREAS NATURALES. IMPACTOS SOBRE LA CUBIERTA VEGETAL.

AUTORES: M. ANDRÉS; A. DEL CERRO; F.R. LÓPEZ-SERRANO; J.M. BRIONGOS; A. GARCÍA-MOROTE; R. NAVARRO.

Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario. 02071. Albacete.

RESUMEN

En este trabajo se estudian los efectos del pisoteo humano sobre la vegetación en áreas naturales. Para ello se ha llevado a cabo un experimento de pisoteo controlado en el que se ha hecho un seguimiento de la cobertura y de la altura de las especies vegetales en transectos sometidos a distinta intensidad de pisoteo (25, 75, 100, 200 y 250 pasadas/día, durante 30 días), y se ha analizado la influencia de factores como la especie, número de pasadas por unidad de tiempo, número de pasadas acumuladas y tipo de calzado, sobre las dos variables consideradas. Se ha observado la disminución de la cobertura y de la altura vegetal, influenciadas principalmente por la especie y por el número de pasadas acumuladas, mientras que el tipo de calzado y el número de pasadas por unidad de tiempo no parecen contribuir significativamente a tal efecto. La evolución de la cobertura específica durante el tiempo del experimento ha permitido identificar las especies vegetales más resistentes al pisoteo.

P.C: pisoteo experimental, impacto en vegetación, áreas naturales, resistencia, gestión de visitantes.

SUMMARY

This study examines the effects of trampling in the vegetation in natural areas. An experimental trampling procedure was applied and the vegetation cover and plant height were measured in trail with different trampling intensities (25, 75, 100, 200 and 250 passes/day, in 30 days). The effect of factors such as species, number of passes accumulated, number of passes/day and shoe type in two variables was analysed. A decrease in vegetation cover and species height was observed and was strongly influenced by species and number of passes accumulated. However, shoe type had no significant effect on the variables. The change of cover with time for each species allowed to identify the more resistant species to trampling.

Key words: experimental trampling, vegetation impact, natural areas, resistance, visitor management.

INTRODUCCION

La creciente presencia de excursionistas en los espacios naturales, está provocando el deterioro ecológico de muchos de estos lugares. Por ello, es imprescindible conocer la afluencia de visitantes a un área natural y los impactos que ocasionan para gestionar el turismo de manera que no se degrade el medio a la vez que se satisface la demanda recreativa.

Los impactos más directos del pisoteo de los ecoturistas, y sin duda los más documentados, son la pérdida de cobertura vegetal y la compactación del suelo (KUSS & GRAEFE, 1985; STOHLGREN & PARSON, 1986; COLE & BAYFIELD, 1993; MARION & COLE, 1996; BELNAP, 1998; JIM, 1998). Muchos han sido los trabajos en los que se ha puesto de manifiesto la pérdida de cubierta vegetal y los cambios en la composición florística a consecuencia del pisoteo humano (HAMMITT & COLE, 1987; MORTENSEN, 1989; LIDDLE, 1991; GÓMEZ LIMÓN & De LUCIO, 1995; McEWEN *et al.*, 1996), sin embargo en los que mejor se ha observado la relación entre la intensidad de pisoteo y la respuesta de la vegetación, así como la vulnerabilidad de determinadas especies vegetales a dicha presión, ha sido en los estudios experimentales de pisoteo controlado (COLE, 1985; COLE & BAYFIELD, 1993; COLE, 1995 a,b,c; MARION & COLE, 1996; COLE & SPILDIE, 1998).

En este trabajo se valora de forma experimental el efecto del pisoteo humano sobre la vegetación, analizando la posible influencia de distintas intensidades de pisoteo sobre la cobertura vegetal y la altura de diferentes especies, así como también la influencia de otros factores (especie, número de pisadas acumulado y tipo de calzado).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Se encuentra en el monte “Hondo del río Júcar” (término municipal de Montalvos), al Noroeste de la Comarca Centro de la provincia de Albacete (coordenadas 39°11'30" Norte, 1°59'30" Oeste). Tiene una altitud media de 714 m y queda encuadrada dentro del clima Mediterráneo continental-templado (Tm 14,4°C y P 409.5 mm). Los suelos predominantes pertenecen a la clase Xérico, destacando la presencia de los grupos Xerorthents (SOIL SURVEY STAFF, 1975). La vegetación potencial de la zona corresponde a la clase fitosociológica *Quercetea ilicis*, orden *Quercetalia ilicis*, dentro del dominio de la *Durilignosa* (PEINADO & MARTÍNEZ-PARRAS, 1985). Sin embargo, la vegetación actual está dominada por masas de *Pinus pinea*, con intercalaciones de algunos ejemplares de encina y coscoja, acompañadas de especies como *Asparagus acutifolius*, *Astenolinon linum-estellatum*, *Brachypodium retusum*, *Dactylis glomerata*, *Genista scorpius*, *Helianthemum cinereum*, *Helianthemum croceum*, *Leuzea confiera*, entre otras.

Métodos de campo

Se han fijado nueve transectos lineales de 5m x 0.5 m, separados entre sí 2.5 m, en una zona con pendiente del 12%. Uno de estos transectos ha servido de control (sin pisoteo) y los ocho restantes se han dividido en dos grupos de cuatro transectos donde la frecuencia de pasadas ha sido de 25, 75, 100 y 200 pasadas/día respectivamente en cada uno de los grupos (se entiende por pasada un recorrido con paso normal a lo largo de la línea longitudinal de 5 m del transecto). En el primer grupo se anduvo con zapatilla de montaña de suela rugosa y en el segundo con zapato de suela lisa. También se fijaron dos transectos más en una zona llana (a 300 m de los anteriores), uno control y por el otro se pasaron 250 veces con zapatilla de montaña. Todos los transectos fueron pisados por la misma persona (60 kg de peso) y el paso fue diario durante un mes (12 de septiembre a 12 de octubre de 1998).

Los parámetros medidos por especie han sido:

- Cobertura. Porcentaje de suelo ocupado por la proyección ortogonal de las partes aéreas de los individuos vegetales. Se ha obtenido mediante el método de intercepción lineal (De VRIES, 1986), midiendo el ratio entre la longitud de cuerda interceptada por la vegetación (diferenciando las especies) y la longitud de cuerda total. Se midió los 30 días del experimento.
- Altura. Distancia en vertical desde el suelo al punto más alto de la planta (solamente en aquellos individuos que interceptaban con la cuerda). Se midió tres veces (primer día, mitad y último día del experimento).

Tratamiento de datos

Se ha aplicado un modelo lineal general de medidas repetidas para ver en cada caso la relación existente entre la cobertura y la altura de las especies vegetales (variables dependientes) con el tipo de calzado, la especie, el número de pasadas acumulado y la intensidad de pisoteo (número de pasadas/unidad de tiempo).

Análisis de regresión simple se ha utilizado para cuantificar el efecto del número de pasadas acumulado (durante los 30 días del experimento) sobre las variaciones de cobertura a nivel específico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Disminución de la altura vegetal y factores determinantes

Según los tests multivariantes para cada uno de los efectos del modelo, contrastados a través del estadístico λ de Wilks (Tabla 1), sólo resultan significativos ($p < 0.001$) el efecto del número de pasadas acumulado en momentos temporales diferentes y el efecto de la especie, sobre la disminución de altura, si bien la influencia de la especie es algo menor. De los demás factores considerados, calzado, intensidad e interacciones entre ellos, no se han obtenido resultados significativos.

Ante estos resultados parece que la altura no depende del tipo de calzado, como ya concluyó WHITTAKER en 1978 en sus trabajos realizados en el Great Smoky Mountains National Park. Similares resultados se han obtenido en estudios experimentales de pisoteo más recientes realizados en cuatro regiones montañosas de USA (Cascade Mountains of Washington, Rocky Mountains of Colorado, White Mountains of New Hampshire y Great Smoky Mountains) (COLE, 1995a; COLE,

1997), en los que se obtuvo que tanto inmediatamente después del experimento como transcurrido un año, la altura variaba significativamente con el número de pasos y el tipo de vegetación, pero el calzado parecía no producir efecto alguno.

Disminución de la cobertura vegetal y factores determinantes

Los efectos más significativos sobre la disminución de la cobertura, según el estadístico aplicado (Tabla 2), los producen el número de pasadas acumulado en diferentes momentos ($p < 0.001$), la especie ($p < 0.05$) y las interacciones calzado-intensidad ($p < 0.01$) y calzado-especie-intensidad ($p < 0.05$), pero no el calzado en sí. El bajo valor de λ del factor especie (0.090) indica diferencia en la disminución de cobertura según la especie, siendo de mayor importancia que la que provocan los demás factores.

COLE, en sus experimentos realizados en 1995 y 1997 observó que el efecto del número de pasos y del tipo de vegetación sobre la reducción de cobertura siempre influía en mayor medida que el calzado tras dos semanas de experimento, no apareciendo influencia alguna del calzado al pasar un año.

En nuestro estudio no se aprecia influencia significativa del calzado en la pérdida de cobertura, tal vez porque el tipo de suelas utilizadas aquí no es tan agresivo como las zapatillas de tacos que utilizó COLE, si bien hay que apuntar que tampoco es un tipo de calzado utilizado frecuentemente por los visitantes de áreas naturales.

Comportamiento diferencial de las especies ante el pisoteo

Tras el seguimiento minucioso de la persistencia de cada especie en los diferentes transectos a lo largo de los 30 días del experimento, y contrastando posteriormente con análisis de regresión entre coberturas específicas y número de pisadas acumulado a lo largo del tiempo, se observó que:

Las especies *Thymus vulgaris*, *Teucrium polium* subsp. *capitatum*, *Sideritis tragoriganum*, *Phlomis lychnitis* y *Genista scorpius*, permanecen al final del experimento en más de la mitad de los transectos en los que se encontraban en un principio sin partir de coberturas iniciales mayores. Por tanto, de las 15 especies del inventario florístico (Tabla 3) parecen más resistentes a la presión física especies de carácter leñoso, labiadas y leguminosas. Todas ellas se ajustan a un modelo de regresión cúbico en casi todos los transectos.

Las especies *Atractylis humilis*, *Leuzea confiera*, *Picris hispanica* (compuestas) y *Asterolinon linum-stellatum* (primulacea), desaparecen en los primeros cinco días del experimento. Se han considerado como especies más sensibles y se ajustan a un modelo de regresión inverso bajo fuertes intensidades.

Las gramíneas *Brachypodium retusum*, *Dactylis glomerata* y *Stipa offneri*, a pesar de no aparecer un elevado número de veces al final del experimento, si ofrecen resistencia a un cambio manteniendo intervalos de cobertura constante, como pasa con *Plantago albicans*. Todas ellas, salvo *Brachypodium retusum* que permanece más tiempo, desaparecen alrededor del día 15, y se ajustan a un modelo de regresión cúbico.

La cobertura en cada transecto disminuye al final del proceso, quedando únicamente especies de la familia de las labiadas junto a *Genista scorpius* (Tabla 4). Sea cual sea la cobertura inicial de labiadas siempre queda un pequeño remanente de estas especies junto a *Genista scorpius*, mientras que las demás familias como cistáceas (*Helianthemum croceum*), compuestas (*Atractylis humilis*, *Leuzea confiera*, *Picris hispanica*), primulaceas (*Asterolinon linum-stellatum*), gramíneas (*Dactylis glomerata*, *Brachypodium retusum*, etc.) y plantagináceas (*Plantago albicans*), desaparecen (Figura 1). Al comparar las coberturas inicial y final totales por transectos (Figura 2) se observa que la cobertura final en el transecto pisado 100 veces con zapato se reduce menos que en el pisado 75 veces, siendo en el de 200 pasadas en el que se registra la mayor reducción. Este comportamiento que se refleja en la baja influencia del factor intensidad sobre la cobertura encontrada en el análisis, se podría explicar por la distinta composición inicial en especies de cada transecto y por la respuesta diferencial de las mismas al pisoteo. Así, transectos más pisados (hasta cierto límite) pueden presentar una menor reducción de cobertura total que transectos menos pisados, por contar con un porcentaje inicial mayor de especies consideradas como más resistentes.

La baja o nula cobertura de gramíneas registrada el día 30 en los transectos del experimento parece contrastar con los resultados obtenidos por COLE (1995b), que las considera como especies

resistentes a este efecto. Ello podría deberse a la época del experimento, ya que en septiembre y octubre la cobertura de las gramíneas que son especies anuales y que en agosto ya estarían secas, no se regenera. Además el concepto de resistencia entendido en nuestro trabajo como la capacidad de persistir un mayor número de veces tras los 30 días de pisoteo no coincide con el de permanecer sin sufrir cambio (manteniéndose durante intervalos de tiempo con cobertura fina como signo de resistencia) aunque finalmente desaparezcan (COLE, 1995c.).

CONCLUSIONES

El pisoteo frecuente provoca una disminución en la altura vegetal que se intensifica con el número de pasadas acumulado durante un periodo de tiempo y que depende también en menor medida de la especie considerada. También se reduce la cobertura vegetal dependiendo principalmente de la especie y del número de pasadas acumulado, mientras que la intensidad o número de pasadas/ unidad de tiempo parece influir muy poco y nada el tipo de calzado.

En el bosque estudiado (mediterráneo esclerófilo) presentan una mayor resistencia a desaparecer tras un periodo de pisoteo determinado especies de las labiadas y de carácter leñoso. Las gramíneas permanecen en intervalos de tiempo con coberturas constantes aunque al final del experimento desaparezcan. Todo ello podría deberse a la estación en que se ha realizado el experimento y a las adaptaciones morfológicas que han sufrido a lo largo de su evolución las especies dominantes en la zona, que las hace características de lugares ya degradados por un pastoreo abusivo, incendios o por condiciones climáticas extremas.

Conocer la diferente respuesta de las especies vegetales ante la presión física de la pisada y su capacidad de resistencia, es fundamental para gestionar el uso recreativo en espacios naturales, permitiendo diseñar itinerarios y distribuir espacialmente a los visitantes causando el mínimo impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con la ayuda de Juana Olivares Navarro y Asunción Toledo Valera (Ingenieros Técnicos Forestales) en la recopilación y toma de datos de campo. Agradecer también especialmente el asesoramiento del Dr. Tomás Landete Castillejos en lo referente a análisis estadísticos.

BIBLIOGRAFÍA

- BELNAP, J; (1998). *Environmental Auditing. Choosing Indicators of Natural Resource Condition: A case Study in Arches National Park, Utah, USA*. Environmental Management, 22(4):635-642.
- COLE, D; (1985). *Recreational trampling effects on six habitat types in Western Montana*. USDA Forest Service, Research Paper INT-350. Intermountain, Research Station, Ogden, Utah.
- COLE, D; (1995a). *Recreational trampling experiments: effects of trampler weight and shoe type*. USDA Forest Service, Research Note INT-RN-425.
- COLE, D; (1995b). *Experimental trampling of vegetation. I. Relationship between trampling intensity and vegetation response*. Journal of Applied Ecology, 32:203-214.
- COLE, D; (1995c). *Experimental trampling of vegetation. II. Predictors of resistance and resilience*. Journal of Applied Ecology, 32:215-224.
- COLE, D; (1997). *Experimental evaluations of two Leave-No-Trace techniques: Removing boots and using geotextile groundcloths (scrim)*. USDA For. Serv. Intermt. Res. Stn. Res. Pap. (497):1.
- COLE, D. & BAYFIELD, N; (1993). *Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures*. Biological Conservation, 63:209-215.
- COLE, D. & SPILDIE, D; (1998). *Hiker, horse and llama trampling effects on native vegetation in Montana, USA*. Journal of Environmental Management, 53:61-71.
- De VRIES, P; (1986). *Sampling Theory for Forest Inventory*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. & De LUCIO, J.V.; (1995). *Recreational activities and loss of diversity in grassland in Alta Manzanares Natural Park, Spain*. Biological Conservation, 74:99-105.
- HAMMITT, W. & COLE, D; (1987). *Wildland recreation. Ecology and management*. John Wiley & Sons. New York.
- JIM, C; (1998). *Soil Characteristics and Management in an Urban Park in Hong Kong*. Environmental management, 22(5):683-695.

- KUSS, F. & GRAEFE, A; (1985). *Effects of recreation trampling on natural area vegetation*. Journal of Leisure Research, 17:165-183.
- LIDDLE, M; (1991). *Recreation ecology: effects of trampling on plants and corals*. Trends in Ecology and Evolution, 6:13-17.
- MARION, J. & COLE, D; (1996). *Spatial and Temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites*. Ecological Applications, 6(2):520-530.
- McEWEN, D.; COLE, D. & SIMON, M; (1996). *Campsite impacts in four wildernesses in the south-central United States*. USDA Forest Service, Research Paper INT-RP-490. Intermountain Research Station, Ogden, Utah.
- MONTERSEN, C; (1989). *Visitor use impacts within the Knobstone Trail Corridor*. Journal of Soil and Water Conservation, 4:156-159.
- PEINADO, M. & MARTÍNEZ-PARRAS, J.M; (1985). *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*. Monografías 2. Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla_la Mancha. Toledo
- SOIL SURVEY STAFF; (1975). *A basic system of soil classification for making and interpreting*. USDA Handbook N° 436.
- STOHLGREN, T. & PARSON, D; (1986). *Vegetation and soil recovery in wilderness campsites closed to visitor use*. Environmental Management, 10:375-380.
- WHITTAKER, P; (1978). *Comparison of surface impact by hiking and horseback riding in the Great Smoky Mountains National Park*. Management Rep. 24. Gatlinburg, TN: U.S. Department of the interior, National Park Service, Great Smoky Mountains National Park. 32p.

Tabla 1. Valor del estadístico Lambda de Wilks y su nivel de significación, para la variable altura.

Efecto	Valor	Sig.
fecha	0,520	0,000
especie	0,713	0,000
calzado	0,996	0,692
intensidad	0,964	0,485
especie*calzado	0,894	0,117
especie*intensidad	0,824	0,991
calzado*intensidad	0,966	0,316
especie*calzado*intensidad	0,891	0,580

Altura (único factor intra-sujeto) medido en tres momentos temporales (fecha: 1°, 15° y 30° día), y por tanto compuesto de tres variables de archivo (h_1 , h_{15} y h_{30}).

Como factores entre-sujetos se consideran el tipo de calzado, especie, número de pisadas y número de pisadas acumulado.

Tabla 2. Valor del estadístico Lambda de Wilks y su nivel de significación, para la variable cobertura.

Efecto	Valor	Sig.
Fecha	0,545	0,000
Calzado	0,907	0,939
Especie	0,090	0,012
Intensidad	0,540	0,433
calzado*especie	0,294	0,315
calzado*intensidad	0,512	0,003
especie*intensidad	0,014	0,966
especie*calzado*intensidad	0,111	0,030

Cobertura (único factor intra-sujeto) medido en treinta momentos temporales (fecha: 1^{er} día..., 30° día), y por tanto compuesto de treinta variables de archivo (C_1, \dots, C_{30}).

Como factores entre-sujetos se consideran el tipo de calzado, especie, número de pisadas y número de pisadas acumulado.

Tabla 3. Lista de especies de la zona de estudio

Especies inventariadas en los transectos
<i>Helianthemum cinereum</i>
<i>Helianthemum croceum</i>
<i>Atractylis humilis</i>
<i>Leuzea confiera</i>
<i>Picris hispanica</i>
<i>Brachypodium retusum</i>
<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Stipa offneri</i>
<i>Phlomis lychnitis</i>
<i>Sideritis tragoriganum</i>
<i>Teucrium polium subsp. Capitatum</i>
<i>Thymus vulgaris</i>
<i>Genista scorpius</i>
<i>Plantago albicans</i>
<i>Asterolinon linum-stellatum</i>

Tabla 4. Coberturas iniciales y finales por familias de las especies inventariadas en los transectos.

Transectos	G_i total	G_i			G_f total	G_f		
		labiadas	leguminosa	resto		labiadas	leguminosa	resto
25/zapatilla	131	33	26,2	71,8	39,2	16	8,9	14,3
75/zapatilla	170,2	47,2	52	71	25,2	15,6	6,2	3,4
100/zapatilla	176	44,4	21,8	109,8	23,2	6,4	0	16,8
200/zapatilla	142,4	47	45,2	50,2	1,6	1,6	0	0
250/zapatilla	129,2	72,4	0	56,8	12	4,8	0	7,2
25/zapato	165,2	63,8	26,4	75	62,4	31,6	9,8	21
75/zapato	115,6	21,6	0	94	10,8	10,8	0	0
100/zapato	117,4	52,4	4,2	60,8	22,7	20,1	2,6	0
200/zapato	118,4	35,6	12,4	70,4	6,3	4,3	2	0

G_i (cobertura inicial, medida el 1^{er} día del experimento antes de la primera pasada); G_f (cobertura final, medida el día 30, antes de la última pasada). Ambas medidas en %.

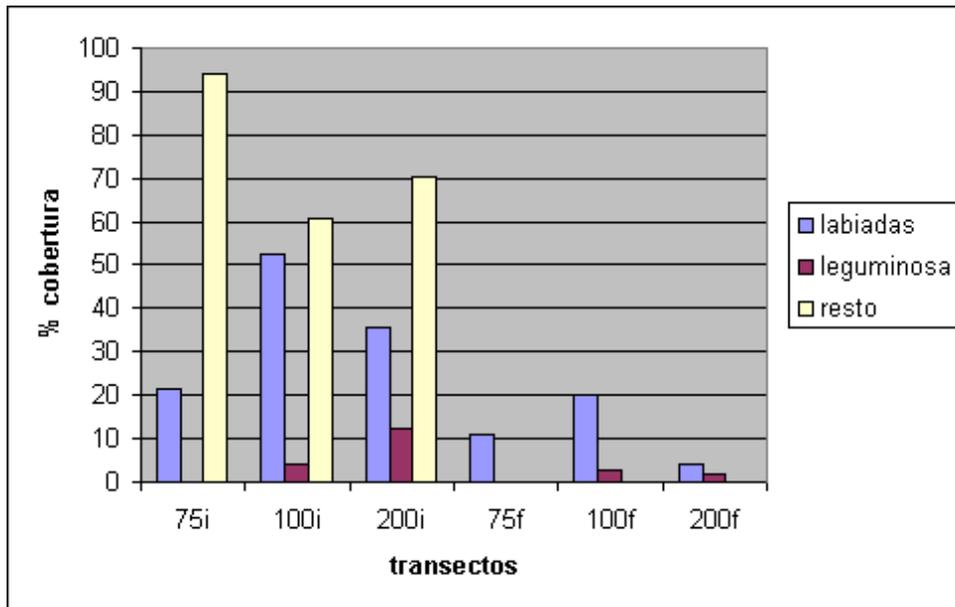


Figura 1. Cobertura inicial y final por familias, en los transectos pisados 75, 100 y 200 veces con zapato.

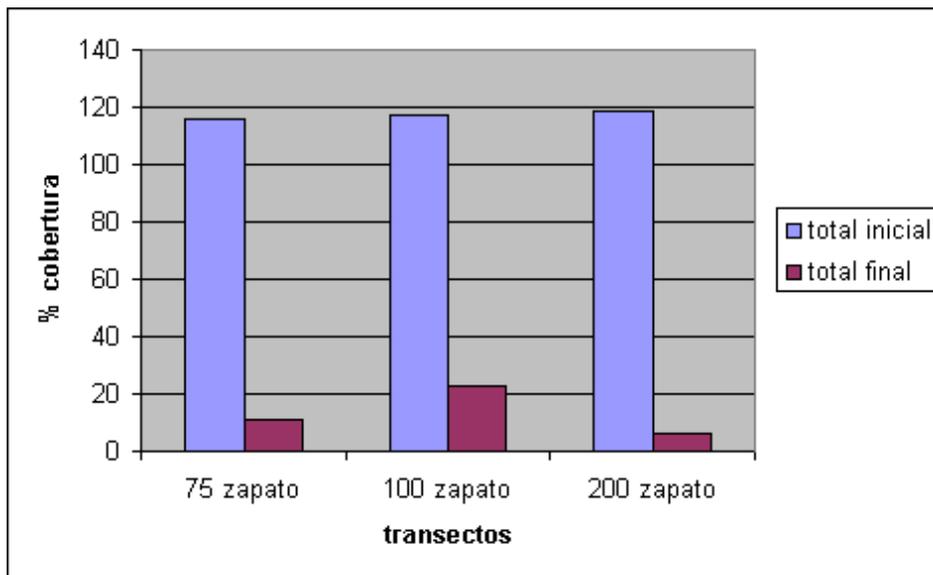


Figura 2. Coberturas totales inicial y final por transectos.